

Expertise et recherche

PIERRE PAPON

La récente controverse sur le démantèlement de la plate-forme offshore de la Société *Shell*, en mer du Nord, la controverse plus ancienne sur la fiabilité des tests de dépistage de la séropositivité ou les débats autour du possible réchauffement du climat de la Terre montrent l'importance qu'a pris l'expertise scientifique et technique dans la vie des nations. Les scientifiques sont-ils en mesure de donner un avis fondé sur ces problèmes dont ils sont des spécialistes ? Dans quelles conditions peuvent-ils donner des avis ?

La prise de décisions importantes pour la société nécessite souvent des connaissances scientifiques et techniques qui, pour la plupart, proviennent de la recherche : avec sa capacité d'anticiper et de prévoir le déroulement de phénomènes physiques, chimiques ou biologiques, la science aide à prédire les conséquences des décisions et à préparer des stratégies. Ainsi les décideurs (hommes politiques, responsables d'administration ou d'entreprise) ont recours à des experts pour organiser les systèmes nationaux de défense, de santé, de transports, de gestion de l'environnement...

Cette expertise a souvent un caractère officiel, «statutaire» en quelque sorte : dans notre pays, une dizaine d'organismes de recherche publics ont ainsi la mission explicite de fournir des avis officiels, de formuler des diagnostics sur des problèmes qui préoccupent les pouvoirs publics. Il peut s'agir de santé publique, pour l'INSERM, de préservation des ressources océaniques, pour l'IFREMER, de ressources agronomiques, pour l'INRA... : au total, 16 pour cent de la dépense publique de recherche et de développement est consacré à l'étude de problèmes que les pouvoirs publics doivent résoudre. L'expertise est la traduction de l'état de la connaissance scientifique, sous forme d'avis, de diagnostics ou de scénarios. Émanant d'un organisme public de recherche, elle a souvent un caractère officiel qui engage l'institution scientifique.

À l'avenir, le rôle de l'expertise scientifique et technique dans le processus de décision augmentera vraisemblablement

pour au moins trois raisons. En premier lieu, les sociétés industrialisées tendent à édicter des normes et des règles pour autoriser la commercialisation de nouveaux produits. En deuxième lieu, elles se préoccupent de la sécurité des installations industrielles, de leur impact sur l'environnement et la santé publique. Enfin le développement de services publics fortement automatisés (transports, systèmes de surveillance médicaux) nécessite une évaluation de la sécurité de leur fonctionnement.

UNE ÉTHIQUE DE LA CONNAISSANCE

La création récente du «comité consultatif d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé», puis du «collège de la prévention des risques technologiques», témoigne de la prise de conscience croissante de la nécessité d'organiser, voire de contrôler, l'expertise.

Le développement de l'expertise appelle, d'une part, un réexamen des relations entre les scientifiques et le monde politique et, d'autre part, une promotion d'une éthique de la connaissance : il faut dissocier soigneusement, dans le processus nécessaire à la prise de décision publique, ce qui peut être considéré comme une approche de caractère prospectif (l'expertise porte un diagnostic, présente des scénarios), de ce qui relève d'un système de normes et de valeurs propres à nos sociétés, avec ses besoins et ses attentes, qui seront prises en compte par les décideurs (les hommes politiques, par exemple). Ces règles et ces normes, d'ailleurs, n'appartiennent pas au champ de la science et de la technique.

Ainsi les scénarios scientifiques élaborés pour évaluer les impacts des activités humaines sur les climats ne suffisent pas, par eux-mêmes, à la prise de décisions. En effet, il faut savoir apprécier, par exemple, les risques économiques ou sociaux que l'on est prêt à assumer si l'on ne prend aucune mesure pour limiter les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère. La décision

politique est aussi fondée sur l'appréciation de ces risques. L'une des règles devrait être de bien séparer ces deux niveaux, que les experts, mais aussi les politiques, tendent à confondre. Combien de fois entend-on ainsi imposer une décision parce qu'elle s'appuie sur une solide expertise scientifique !

L'éthique de la connaissance, dans le contexte de la prise de décision, suppose aussi que les scientifiques explicitent les limites de leurs connaissances et qu'ils rappellent constamment à leurs interlocuteurs la quasi-impossibilité d'éliminer les risques et les incertitudes dans tous les domaines de l'action humaine. Qu'il s'agisse de santé, d'environnement ou d'exploitation des ressources, leurs avis seront généralement fondés sur des connaissances incomplètes, sur des données dont la fiabilité n'est pas totale. Leurs connaissances peuvent être entachées d'incertitudes, les décideurs doivent le savoir même si, pour eux, la situation est inconfortable... On va souvent au devant des difficultés quand les scientifiques confondent le processus de production de savoir avec sa traduction en avis, analyses et diagnostics dans le contexte de la prise de décision qui est, par essence, souvent lieu de conflits. Il est donc sage de séparer, au sein des institutions scientifiques, les fonctions de production du savoir de celles d'expertise, même si l'expertise s'enrichit des résultats et des méthodes de la recherche et si elle lui ouvre de nouveaux champs à explorer.

Il est clair, enfin, que les scientifiques qui participent aux expertises doivent formuler leurs avis en toute indépendance. Souvent, en effet, des avis peuvent déranger des administrations, des collectivités territoriales, des entreprises (un projet d'aménagement peut avoir un impact négatif sur l'environnement, par exemple). Il appartient donc aux institutions dont dépendent les scientifiques de les protéger des pressions extérieures dans l'exercice de leur mission d'expertise, tout en leur donnant les moyens d'investigation nécessaires.

La société a besoin d'une expertise fondée sur la connaissance scientifique, qui lui donne une vision prospective, mais elle doit être consciente que cet exercice ne saurait éliminer complètement les risques et les incertitudes.

Pierre Papon est professeur à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris et président de l'Observatoire des sciences et des techniques.

Les impossibles de la météorologie

HERVÉ LE TREUT

La météorologie, c'est le temps qu'il va faire. La climatologie, c'est la météorologie à une échelle de temps supérieure, c'est le temps qu'il fera au cours des temps. Déjà, en météorologie, les impossibles abondent : il est presque impossible de prévoir les conditions atmosphériques plus de quelques jours à l'avance, et il est certainement impossible de modifier le temps.

Les questions posées au climatologue sont plus vastes. Pouvons-nous trouver les causes des températures passées du Globe ? Pouvons-nous prévoir celles qui régneront dans un siècle ou dans quelques milliers d'années ? Correspondent-elles aux autres témoignages passés du climat ?

OMNIPRÉSENCE DE LA MÉTÉOROLOGIE

Éliminons une possibilité : il n'existe pas de pays où le temps soit constant et la météorologie... inutile, parce que certaine. Toutes les régions de notre planète sont soumises au moins aux cycles des saisons : même dans les régions africaines, où une saison sèche alterne avec une saison humide, la prévision de l'arrivée de la saison humide pose problème. Si les interrogations météorologiques sont de nature différente dans les régions à caractère tropical et dans les régions à caractère tempéré, la variabilité reste une constante.

Toute prévision est, par définition, incertaine : la prévision météo est associée à une probabilité. Il y a, par exemple, 90 pour cent de chance que la température soit comprise demain entre 5 et 7 °C. En Angleterre, où la culture météo est plus développée, la prévision statistique passe mieux ; en France, notre culture ne nous incite pas à chiffrer nos incertitudes, et les prévisions diffusées n'en font pas état.

Le calcul de l'incertitude présente aussi une difficulté technique : pour indiquer un pourcentage de chance, il faudrait faire tourner (sur ordinateur) la machine climatique un grand nombre de fois avec différents chiffres de départ balayant les incertitudes initiales, et comp-

ter le pourcentage de cas où l'on a obtenu de la pluie, où l'on a obtenu un temps sec, etc. Ces prévisions statistiques prennent beaucoup de temps et doivent se faire en temps réel. Quand on connaît les temps de calcul, on comprend qu'on ne puisse faire tourner 100 fois le modèle. Cet impossible est peut-être temporaire, mais, parallèlement à l'augmentation de la puissance de calculs des ordinateurs, le nombre des données prises en compte augmente.

LE DIAGNOSTIC MÉTÉOROLOGIQUE : DU FOLKLORE AU CALCUL

La météo est le domaine où la coopération internationale est la plus claire, la plus forte et sans doute la moins connue. La prévision météo prend en compte tout ce qui se passe sur la planète : les échanges entre les masses gazeuses sont si rapides et si intenses que l'on a besoin, même pour prévoir le temps dans l'hémisphère Nord, de se préoccuper de ce qui s'est passé dans l'hémisphère Sud.

La prévision météo commence par le recueil de données physiques à l'échelle de la planète. L'Organisation météorologique mondiale pilote un réseau de mesures, comportant des appareils implantés au sol, sur les bateaux, les satellites, les avions, et sur de petits ballons instrumentés. Toutes les 12 heures, les informations sont centralisées en deux nœuds, l'un en Angleterre et l'autre aux États-Unis.

On emmagasine ainsi une image de la circulation de l'atmosphère au temps initial, image dont l'évolution est ensuite traitée par des modèles numériques. Ces modèles s'appuient sur des équations qui sont connues depuis le siècle dernier, mais qu'on ne pouvait exploiter faute d'ordinateurs suffisamment puissants : ils sont aujourd'hui les plus gros consommateurs de temps d'ordinateur. Tous les 100 kilomètres sur la planète, des programmes calculent les paramètres physiques en une série de points répartis sur une trentaine de niveaux de l'atmosphère. De demi-heure en demi-heure, on calcule

l'évolution du temps à partir de l'état initial observé.

L'accord entre les prévisions et la réalité s'est constamment amélioré au cours des 20 dernières années : on est passé d'une échéance utile de deux jours au début des années 1970 à cinq ou six jours aujourd'hui.

Il y a longtemps que les prévisions calculées ont dépassé les évaluations fondées sur les corrélations observées (à Aurillac, un nuage au-dessus d'une montagne était censé indiquer l'arrivée de la pluie). Il est resté quelques prédictors utiles, surtout en météo tropicale, mais les corrélations relevées dans le passé n'étaient, pour la plupart, qu'un folklore relevant plus de la croyance que d'un fait avéré. Les dictons populaires, pour chatoyants qu'ils soient, n'en sont pas plus vérifiés. La prévision scientifique a gagné en rigueur ce qu'elle a perdu en couleur locale. Malheureusement elle nous laisse insatisfaits, car une seule chose nous importe vraiment : va-t-il pleuvoir ici et maintenant. Or cette donnée locale est la plus insaisissable.

LES LIMITES INFRANCHISSABLES

Deux limites faisaient obstacle aux progrès de la météorologie. Les limites techniques résultant du nombre des points de mesure des données (pression, température, etc.) et de la puissance des ordinateurs ont été levées dans les dernières années : il n'y a plus d'impossibles techniques. Les incapacités substantielles tiennent à la nature même du système atmosphérique, déterministe, mais non prévisible. Une expérience illustre ce propos : les météorologues sont partis de deux états très voisins de l'atmosphère, qui ne différaient que par un centième de degré à Bordeaux, et ont calculé, toutes choses égales par ailleurs, l'évolution de ces deux atmosphères. Au bout de cinq à six jours, les différences se sont révélées si notables qu'elles correspondaient à deux états de l'atmosphère totalement distincts. Ainsi le système Terre est fortement non linéaire : de petites incertitudes initiales contaminent tout le Globe en cinq à dix jours. Cette limite est infranchissable. C'est cette durée de quelques jours qui sépare les domaines de la météorologie et de la climatologie.

Dès l'apparition des ordinateurs, un météorologue, Edouard Lorenz, a établi l'existence de systèmes dynamiques non linéaires, qu'il a baptisés indéterministes. E. Lorenz eut l'idée de réduire à trois équations le système régissant l'atmosphère

et montra que ce système très simplifié était déjà imprévisible. Cette étude choquante eut des applications dans beaucoup d'autres domaines : l'idée des systèmes chaotiques était lancée.

LES PÉRIODICITÉS CLIMATIQUES

Heureusement pour notre compréhension, l'atmosphère après dix jours a un comportement macroscopiquement prévisible : les saisons et les zones climatiques témoignent de phénomènes régulateurs de la circulation atmosphérique.

Depuis les débuts de la marine à voile, les navigateurs ont recueilli des données sur la circulation atmosphérique. Halley, au XVII^e siècle, a étudié les premiers relevés des marins et observé les régularités de la circulation atmosphérique avec les vents d'Est, type alizé près de l'équateur, les vents d'Ouest à nos latitudes ; superposée à ces mouvements, une autre circulation brasse l'air, qui monte près de l'équateur (zone du pot au noir) dans les zones de vent d'Est, et qui redescend au Nord et au Sud vers 30 degrés Nord, 30 degrés Sud et marque les zones désertiques. Les limites de ces grandes cellules tropicales sont déterminées par la vitesse de rotation de la Terre qui les

empêche de se développer plus au Nord (comme elles le font par exemple sur la planète Mars). Ces circulations en cellules fixent le climat des tropiques avec une zone pluvieuse près de l'équateur et une zone sèche un peu au-delà de l'équateur.

La circulation dans ces cellules fluctue à des échelles de temps longues. Dans le Pacifique, les zones d'ascendance et de descendance de l'air se déplacent : elles suivent des variations de température de l'océan de période trois à quatre ans, le cycle de El Niño observé par les pêcheurs péruviens. Ces pêcheurs avaient remarqué que des eaux chaudes chargées de poissons revenaient à intervalles réguliers le long des côtes du Pérou. Ils appelaient cette arrivée El Niño, du nom de l'enfant Jésus, parce qu'elle coïncidait avec Noël. À ces échelles de temps, de l'ordre de quelques années, la structure de la circulation atmosphérique est lentement modifiée par l'interaction avec l'océan : on voit se dessiner les premières échelles temporelles de la climatologie.

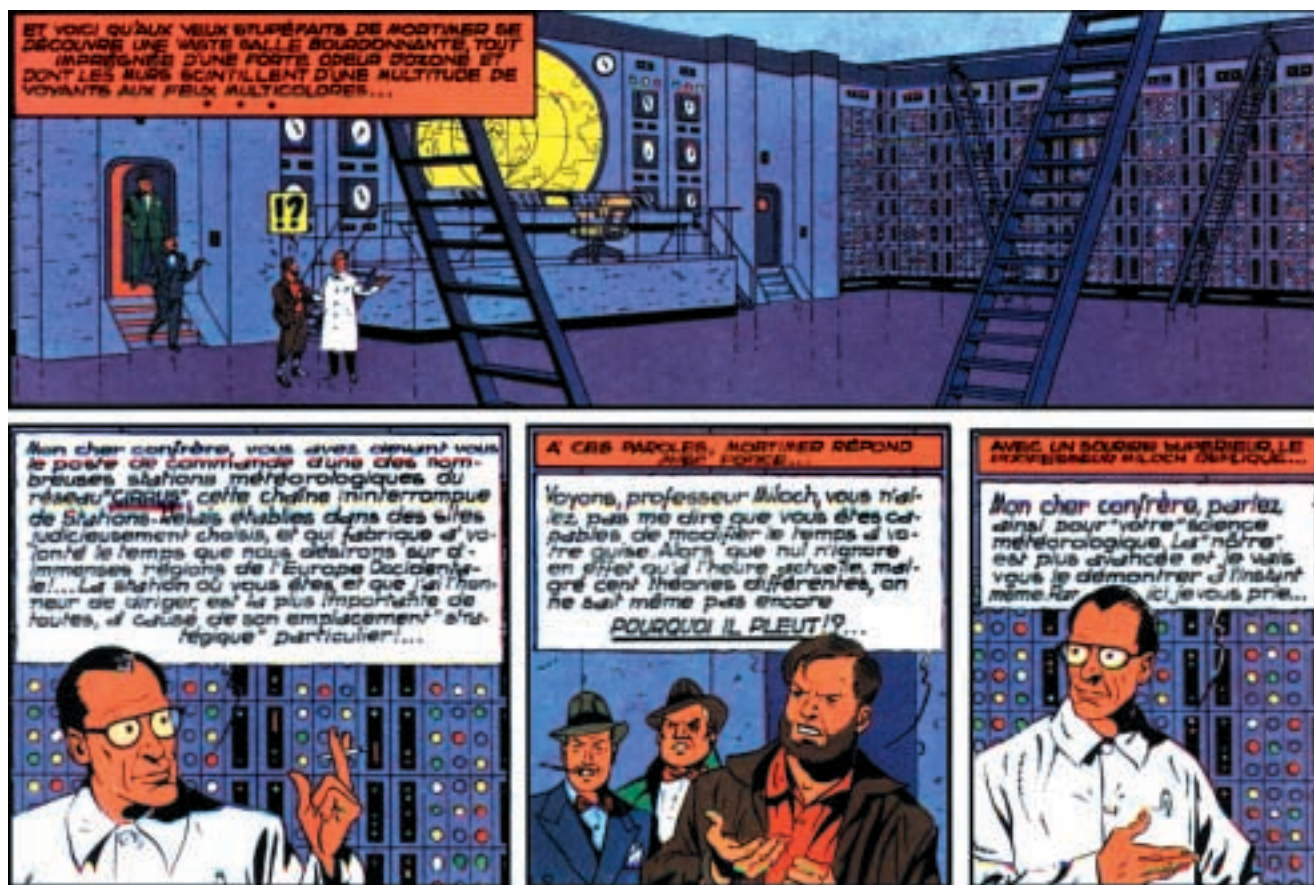
Les mouvements de l'atmosphère résultent de la convection et de la rotation de la Terre. Le rayonnement solaire, qui traverse l'atmosphère, est absorbé en partie par le sol ; l'air, chauffé par le bas, se dilate et monte, mais à la diffé-

rence de ce qui se passe dans une casserole, ces mouvements ascendants et descendants sont compliqués par la rotation de la Terre. La zone des déserts est déterminée par la vitesse de rotation de la planète, et même, lors des glaciations du passé, les zones désertiques ne se sont pas beaucoup déplacées. Il serait impossible de modifier les zones climatiques qui résultent de ces mouvements.

LA MESURE DU CLIMAT PASSÉ

On étudie les transformations du système climatique au cours du dernier million d'années par des carottages dans les glaces polaires ou dans les sédiments océaniques : le climat a évolué avec des périodicités de l'ordre de 100 000 ans, auxquelles se superposent des périodicités un petit peu plus petites, de l'ordre de 40 000 ans et de 20 000 ans. Ces variations résultent de la course de la Terre sur son orbite. Au siècle dernier, un astronome serbe, Milankowitch avait prévu ces variations cycliques.

Les variations à 20 000 ans, les plus courtes, sont dues à la précession des équinoxes. La planète décrit une ellipse autour du Soleil, et la position de l'axe de rotation de la Terre, qui pointe alter-



Un impossible de la météorologie est présenté par Edgar P. Jacobs dans *S.O.S. Météores*.